

TEMPERATURVERHÄLTNISSE AUF BERGWIESE UND IN TANNENWALDBESTAND AN SONNIGEN SOMMERTAGEN

(Jávorkút 1962)

von J. BOROS

Das untersuchte Gebiet und das Stationennetz

Das Hauptgestein das das BÜKK-Hochplateau bildet, der bläulichgraue Kalkstein vom mittleren Trias verkarstet sich sehr leicht. Die Verkarstung und die die sich in den Kalkstein einkeilenden sich verkarstigenden Gesteine bringen mannigfaltige Mikroformen zustande. Die Mannigfaltigkeit der Mikroformen, ihr eigenartiges Mikroklima, die antropogenische Einwirkung werfen viele theoretische und praktische Probleme für die Forstwirtschaft auf, deren Lösung nur durch die Erforschung der Zusammenhänge, bei Substrate und durch effektive Messungen möglich ist.

Die ersten Mikroklimabeobachtungen auf dem Karstplateau des BÜKK wurden von BACSÓ und ZÓLYOMI 1934 ausgeführt (2).

Die 1953 beginnende und auch heute fortdauernde Messungsserie von WAGNER dient zur Kenntniss der Mikroklimaverhältnisse der verschiedenen Expositionen, Substrate und Mikroformen. Durch die hier angestellten Untersuchungen hat er seine Vorstellungen über die Kartierung und Systematisierung der Mikroklimaräume demonstriert (7).

Nach der Klimaregionaufteilung Ungarns nach JÓZSEF KAKAS (5) gehört das Bükkgebirge der Region C_4 an: es ist feucht, kühl, mit kaltem Winter.

Auf Grund der 50 jährigen Mittel der in verschiedenen Höhen über dem Meeresspiegel liegenden Stationen kann es mit folgenden jährlichen und Augusttemperaturdurschnitten charakterisiert werden (1):

	Höhe m	August C°	Jährlich C°
Miskolc	130	20,1	9,7
Lillafüred	310	17,1	8,2
Hollóstatő	572	17,5	7,2
Bánkút	880	15,4	6,0

Der mittlere Wert der Temperaturabnahme mit der Höhe zwischen den Stationen von MISKOLC und BÁNKÚT beträgt $0,5^\circ/100$ m.

Im Vergleich mit den Angaben anderer Stationen ist dieser Wert veränderlich, da die lokalen Wirkungen an diesen Stationen schon stark in den Vordergrund treten. LILLAFÜRED zum Beispiel liegt in einem geschlossenen Talbecken, wo sich im Winter die kalte Luft anhäuft; darüber entwickelt sich oft Nebel, was die

Einstrahlung bedeutend vermindert. In jährlicher Beziehung kann es Unterschiede von 1—2° geben zwischen den jährlichen Durchschnittstemperaturen der S— und N— exponierten Hänge und Frostlöcher.

Es ist charakteristisch für die Bergklimate, dass die sommerlichen Maximumwerte infolge der Temperaturabnahme mit der Höhe annähernd um 1° niedriger sind in jedem 100 m, dagegen im Winter infolge der häufigen inversionellen Temperaturschichtung auch die Minimumgradienten Inversionscharakter haben. Daraus folgt, dass das 50jährige Mittel der jährlichen mittleren Temperatur im BÜKK kleiner als 49°, also um 4—6° geringer ist als in den tiefländischen Gebieten, die auf derselben geographischen Länge liegen.

Die Niederschlagsmenge im BÜKK ist auf Grund 40jähriger Mittel folgende:

	August mm	Jährlich mm
Miskolc	61	583
Lillafüred	71	727
Hollóstető	79	804
Bánkut	89	896

Es gibt also 300 m Niederschlag in BÁNKÚT als in MISKOLC. Der in der Form von grossen sommerlichen Wolkenbrüchen fallende Niederschlag fördert die Bodenerosion, und seine grosse Menge begünstigt die Verkarstung.

Im Mesoklima des BÜKK-Gebirges bilden die Berge und Täler Ortsklimate; innerhalb dieser bringen die Substrate, die morphologisch-orographischen Verhältnisse und die Unterschiede der Strahlungswirkungen zahlreiche mehr oder weniger verschiedenartige Mikrokimate zustande.

Das Mikroklimatologische Institut der Attila József Universität hat unter der Leitung von RICHARD WAGNER im Juli—August 1962 mikroklimatologische Beobachtungen im BÜKK-Gebirge ausgeführt.

Unsere Messungen haben wir auf der Linie KURTABÉRC—JÁVORKÚT—LÉTRÁSTETŐ an mehreren Klima- und Mikroklimastationen ausgeführt. Vom 31. Juli bis 21. August haben wir die Gelegenheit gehabt, in JÁVORKÚT in 685 m Höhe über dem Meeresspiegel, 400—500 m von der Jávör—Quelle entfernt in einem jungen 15—20jährigen Föhrenwald (*Pinus silvestris*) — Bestand und auf der daneben gelegenen Wiese Mikroklimastationen anzulegen.

Dieses Terrain war interessant für uns, weil man nur wenige Föhrenbestände von ähnlichem Alter finden kann und so hatten wir eine Gelegenheit Vergleichsmessungen zwischen einem Föhrenbestand und dem offenen Terrain anzustellen.

Auf diesem Terrain legten wir drei Mikroklimastationen an: im Föhrenbestand, auf der Wiese und auf der rückenförmigen Erhöhung, die wir im weiteren „Hügel“ und die dort angelegte Station Hügelrückenstation nennen. Die relative Höhe des Hügelrückens im Vergleich zum Bett des Baches, der beim Fuss des Hügels fliesst und das Wasser der Jávör—Quelle in eine Wasserschlinger leitet, ist 3,5 m.

In der untersten Zone der Stämme des Föhrenbestandes hat zwar das Verdorren der Zweige begonnen, doch beugen sich die Zweige bis zum Grunde nieder, berühren sie sich und schliessen den Bestand ab.

An allen drei Stationen wurde die Temperatur der Luft in 10, 150 und 300 cm Tag und Nacht jede 15 Minuten, die des Bodens in 2 und 10 cm stündlich mit Widerstandsthermometern nach WAGNER—GALYAS gemessen. Jede 15 Minuten führten wir Windrichtungsmessungen, mit Schalenanemometern in 1 m Höhe Windgeschwindigkeitsmessungen, sowie auch visuelle Beobachtungen (Bewölkung, Wolkenarten, Tau usw.) ausgeführt.

Eine Klimastation wurde zwischen dem Wald und dem Hügel aufgestellt mit einem August—Psychrometer einem Maximum- und Minimumthermometer, einem Temperatur — und Feuchtigkeitsschreiber in der Thermometerhütte. Die Beobachtungen wurden hier in Terminzeitpunkten ausgeführt.

Die Makrosynoptische Lage in der Beobachtungsperiode

Während der Beobachtungsperiode war das Wetter veränderlich. Im Graphikon, das aus den Angaben der täglichen Terminmittel von BUDAPEST und JÁVORKÚT zusammengestellt wurde, können die von einigen kleineren Abweichungen abgesehen parallel laufenden Veränderungen verfolgt werden (Abb. 1).

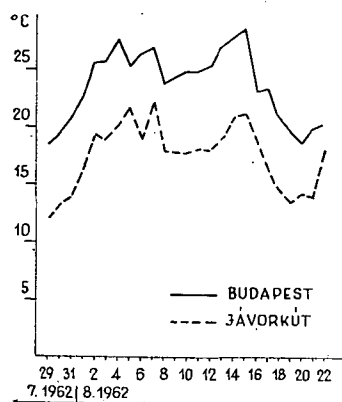


Abb. 1 Das tägliche Mittel der Temperatur (29.7.—22. 8. 1962)

Auf Grund der Terminmittel und des täglichen Wetterberichtes des OMI (Staatliches Meteorologisches Institut) kann die Beobachtungsperiode in vier Hauptabschnitte geteilt werden:

1. Das warme Wetter vom 26—27. Juli wurde am Nachmittag des 27. unter dem Einfluss der von W kommenden feuchten labilbalancierten Luft von geringerer Abkühlung, starker Bewölkung, stellenweise Sturmwetter abgelöst. Am 29—30. begann das Aufbrechen der Bewölkung und das langsame Steigen der Temperatur. Unter der Einwirkung der am 31. Juli und 1. August einströmenden subtropischen Luftmassen stieg die Temperatur weiter.

2. In der Nacht des 5. und des 7. August störten zwei Kaltfronten die Erwärmung mit Gewittern und Platzregen und brachten 6,5, bzw. 1,2 mm Niederschlag auf unser Beobachtungsgebiet.

3. Vom 8. bis zum 15. August herrschte eine antizyklonale Lage im Becken der Karpathen mit stillem, trockenem Wetter, geringer Bewölkung und stellenweise mit kleineren Wärmegewittern. Während dieser Periode war die Temperatur mässig hoch, allmählich steigend, um 2,4—7,4° höher als das vieljährige Mittel.

4. In der Nacht vom 15. zum 16. August wurde Europa von westen her von kühler, ozeanischer Luft überflutet, die der Hitze ein Ende machte und in unserer Beobachtungsgebiet Gewitter und Platzregen produzierte mit 2,3 mm Niederschlag am 16. und 6,1 mm Niederschlag am 18. Ab den 20. August begann die Bildung eines sich von der skandinavischen Halbinsel bis zum Balkan ziehenden Hochdruckrückens.

Charakterisierung des Wetters der für Aufarbeitung ausgewählten Tage

Visuelle Beobachtungen führten wir jede 15 Minuten aus. So können wir uns mit dem Vergleich des reellen und des täglichen Terminmittels der Bewölkung und mit der täglichen Verteilung der Bewölkung kurz befassen.

Im Mittel von 20 Tagen ist der Unterschied zwischen dem täglichen reellen und dem Terminmittel nur 3% zum Vorteil des Terminmittels (Tabelle 1). Wenn man ihren Unterschied täglich beobachten, findet man, dass er zwischen —21 und + 27% schwankt. In einer so kurzen Zeit ist kein verhältnismässiger Zusammenhang zwischen diesen beiden Werten nachweisbar, doch ist es aus der grossen Schwankung der Unterschiede ersichtlich, dass *das Terminmittel der Bewölkung in Hinsicht auf eine kurze Periode das reelle tägliche Mittel nicht, oder nur eventuell im Durchschnitt vieler Jahre vertreten kann.*

Die tägliche Verteilung der Wolkenmenge ist von regelmässigem Sommertyp (Abb. 2).

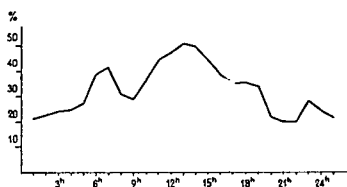


Abb. 2 Die mittleren Stundenwerte der Bewölktheit zwischen 1. 8. und 20. 8. in JÁVORKÚT

Das abendliche Minimum setzt um 22 Uhr ein, dann bei Erscheinung und Verstärkung der Ausstrahlungsbewölkung tritt nach langsamem Steigen ein kleines Maximum um 7 Uhr des Morgens ein. In diesem Vorgang von Steigen nimmt die Bewölkung zwischen 5 und 6 Uhr um 11,5% zu. (Vermutlich ist dieses plötzliche Steigen nicht der reellen Zunahme der Bewölkung zuzuschreiben, sondern die fernen dünnen, stratusartigen Wolken sind nach dem Sonnenaufgang besser beobachtbar.)

Die teilweise Abnahme der Ausstrahlungsbewölkung, die zwischen 8 und 9 Uhr ein sekundäres Minimum zustande bringt, ist mit der Erwärmung verbunden. Schon dann, aber später mit noch zunehmender Intensität, beginnt die Bildung von konvektionärer Cu — Wolken, deren Menge ihr Maximum um 13 Uhr erreicht und eine Bewölkung von 51% ausmacht.

In der Beobachtungsserie findet man 14 Tage, wenn die Bewölkung gering und die Einstrahlung ungestört ist, also zu mikroklimatologischer Aufarbeitung besonders geeignet sind. Auch andere Umstände (Beobachtung, Instrumente, Windverhältnisse usw.) in Rücksicht nehmend haben wir den 3., 4. und 5. August zur Aufarbeitung ausgewählt.

Am Frñhmorgen des 3.8. nach einer heiteren Nacht begann der Aufzug der Wolken um 5 Uhr, und es war wölkig den ganzen Tag bis 17 Uhr. Ci- und Cu-Wolken bedeckten den Himmel maximal zu 80%, eine Bewölkung von mehr als 50% gab es aber nur zwischen 10 und 12 Uhr. Der Wind stand auf um 6 Uhr des Tages. Die Richtung des Windes war SE—S—SW, seine maximale Geschwindigkeit 10,8 km/Stunde um 12,30 Uhr.

In der Nacht zum 4.8. beobachteten wir zwischen 3—7 Uhr eine 10prozentige Ci— Bewölkung, dann von 9 Uhr bis 18,45 Uhr eine Cu — Bewölkung. Während des Tages erreichte die Bewölkung 50% nur einmal. Der Wind wehte von 7 Uhr des Morgens bis 16 Uhr durchschnittlich mit einer Geschwindigkeit von 3—3,5, maximal 6,6 km/Stunde von E—SE—S.

Am Frñhmorgen des 5.8. beobachteten wir von 3 Uhr bis 4,45 Uhr eine 10 prozentige Sc — Bewölkung, von 8,30 Uhr bis 11,30 Uhr eine 50—60prozentige Cu — Bewölkung, bis 18,45 eine 80—90prozentige Cu — und Cb — Bewölkung und aus SE — Richtung fernes Donnern. Um 20 Uhr erfolgte völlige Windstille, dann um 20,45 Uhr brach ein Gewitter von heftigem Platzregen begleitet mit 6,5 mm Niederschlag aus. Dann unterbrachen wir die instrumentelle Beobachtung aus technischen Gründen. Der Wind, der während des Tages wehte war von E — und S — Richtung mit einer Geschwindigkeit von durchschnittlich 4—5, maximal 9,3 km/Stunde.

Es muss erwähnt werden, dass wir in der ganzen Messungsperiode jede Nacht, besonders nach Mitternacht eine meist SW-gerichtete Luftströmung von veränderlicher Stärke beobachteten, die manchmal mit unseren Instrumenten nicht messbar, manchmal geschwinder als 3 km/Stunde war.

Der Tagesgang der Lufttemperatur

In der heiteren Nacht zum 3.8. kühlte sich die Luft auf der Hügelspitze in 10 cm um 4,30 Uhr auf 10,1° ab. Sie kam diesem Wert um Mitternacht schon einige zehntel Grad nahe, aber unter der Wirkung des Windes, der zwischen 0—3 Uhr wehte und SW — gerichtet war mit einer mittleren Geschwindigkeit von 1—2 km/Stunde, erwärmte sie sich auf 11,9° und kühlte sich wieder ab nur als der Wind aufhörte (Abb. 3). Die Temperatur der 150 und 300 cm — Schichten ist beinahe gleich. Ihr Unterschied während der ganzen Nacht ist $\pm 0,1$ —0,3°, bei der Temperatur der 10 cm — Schicht um 1,5—2,0° höher. Nach Sonnenaufgang, um 4,45 begann die intensive Erwärmung und die Temperaturinversion wurde um 6,15 Uhr beobachtet. Danach ist für die Temperaturschichtung der tägliche Einstrahlungstyp charakteristisch.

Die intensive Temperaturerhöhung währte bis 7,15, dann veränderte sich von 7 Uhr ab die Lufttemperatur vom Wind und von der Bewölkung abhängig. Das Steigen oder die Senkung der Temperatur erreichte in 10 cm Höhe sogar 5,0° zwischen zwei Beobachtungen (15 Minuten). Die Schwankungen traten auch in höheren Schichten auf, aber mit geringeren Amplituden.

Während des Tages beträgt der Unterschied zwischen 10—150 cm 1,0—1,5°, zwischen 150—300 cm 1,5—2,0°. Die intensive Temperatursenkung erfolgt um 17 Uhr; um 18 Uhr erfolgt die Inversion und die Anordnung der vorigen Nacht wiederholt sich mit dem Unterschied, dass der viel schwächer Nachtwind keine starke Schwankung in der Temperatur verursachte und so die Extremwerte in allen Niveaus um ungefähr 1,0° niedriger waren.

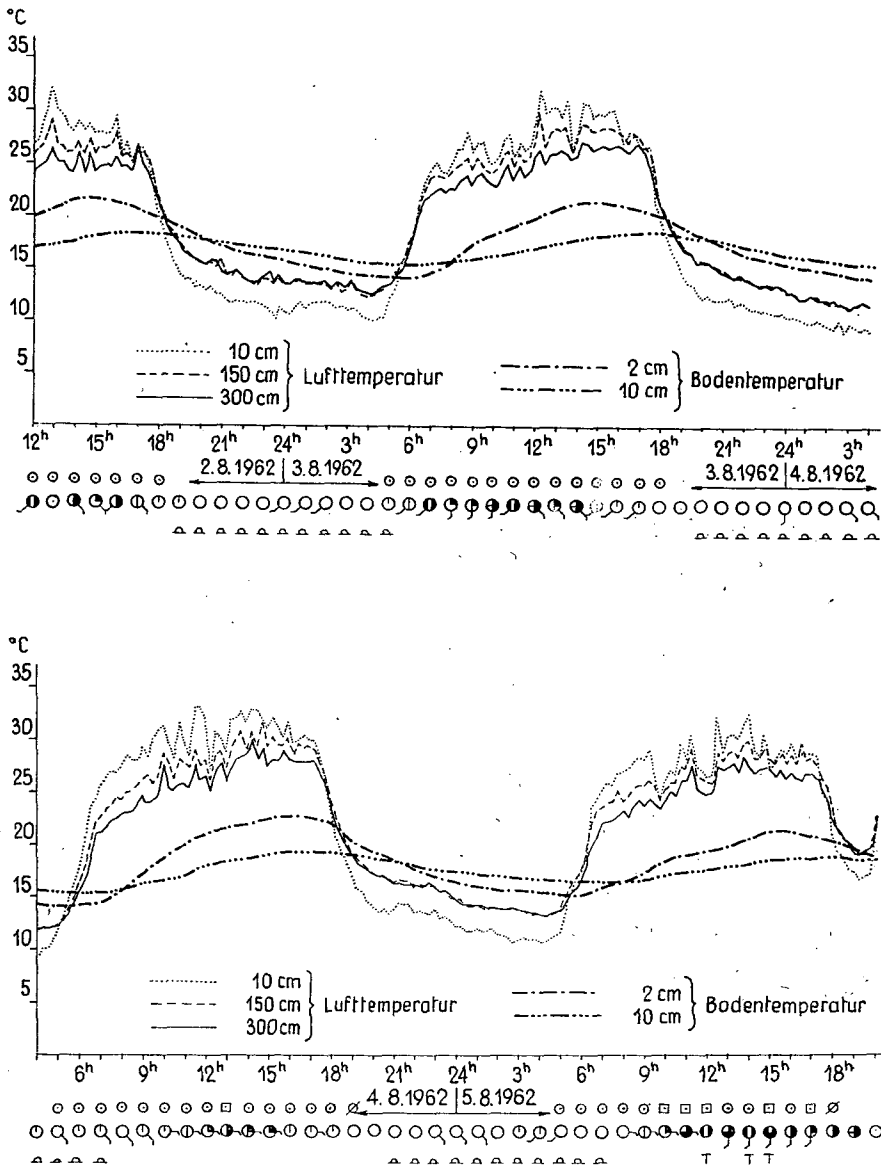


Abb. 3 Der Tagesgang der Luft- und der Bodentemperatur auf dem Hügellücken

Nach dem Minimum von 4 Uhr, da der Himmel völlig wolkenlos war, konnte die Inversion um 5,15 beobachtet werden. Während des Tages war der Himmel leicht bewölkt. Einmal ist die Bewölkung 50% und so die Einstrahlung sehr stark. Die schwache E-gerichtete Luftströmung störte die starke Erwärmung des Terrains nicht. Die Sonne wurde nur bei vier Beobachtungen von Cu — Wolken verhüllt und stärkere Temperatursenkungen fanden wir nur dann. Die Maxima waren in allen Niveaus um 1,0—2,0° höher als am vorigen Tag.

Die abendliche Abkühlung wurde von 20,15 Uhr ab von intensiver Taubildung begleitet, die den Temperaturgang des 10 cm — Niveaus am stärksten störte: sie verursachte eine Temperaturerhöhung von 1,0°. Das Fröhmorgenminimum erfolgte um 4,15 Uhr mit einem Wert von 10,5° in 10 cm.

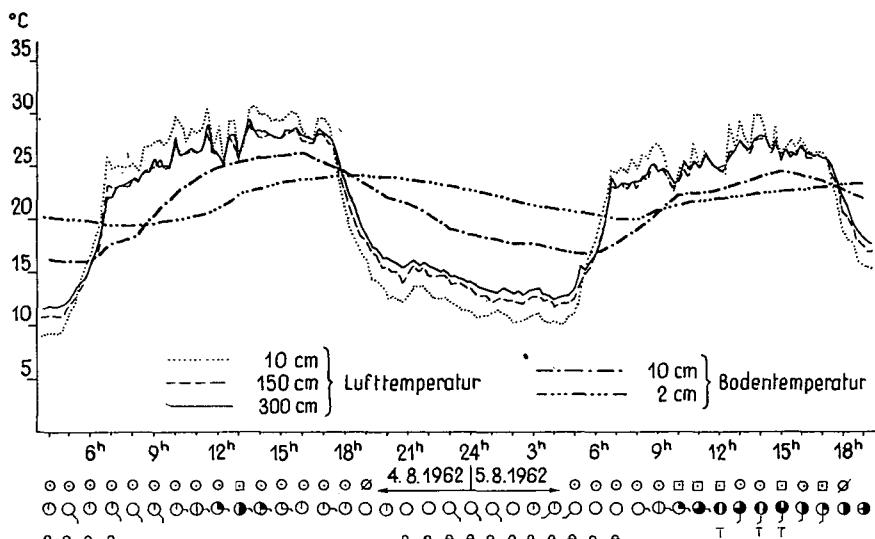
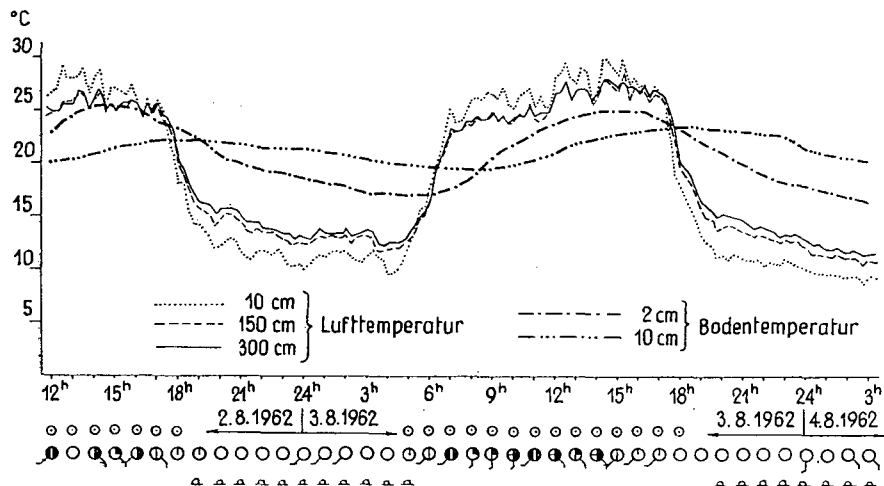


Abb. 4 Der Tagesgang der Luft- und der Bodentemperatur auf der Wiese

Die tägliche Erwärmung wurde am 5.8. von der stärker gewordenen Bewölkung und vom stärkeren Wind stark gestört. Die Temperaturunterschiede zwischen den einzelnen Niveaus waren geringer; in zwei Fällen war die Schichtung zwischen 10 und 150 cm beinahe isothermisch, was die starke Abkühlung hinderte. Um 20,45 Uhr unterbrachen wir die Beobachtungen wegen eines Gewitters.

Auf der Wiese war der Wert des morgendlichen Minimums am 3.8. in 10 cm 9,7, in 150 und 300 cm 11,7 und 12,3°. Die Temperatur der Luft war also tiefer in allen drei Höhen als auf der Hügelspitze. Am Vormittag sind die Temperaturschwankungen unter dem Einfluss der Bewölkung und des Windes geringer als auf der Hügelspitze; sie betrug zwischen zwei Messungen maximal nur 4,0°. Auch in den höheren Niveaus war die Schwankung merkbar aber mit kleineren Amplituden.

Es ist charakteristisch für den Tagesgang der Temperatur, dass der Temperaturunterschied der 150 und der 300 cm Niveaus während des ganzen Vormittags $\pm 0,2$ — $0,3^\circ$ nicht überschritt und diese Niveaus um $2,0^\circ$ kälter waren als das 10 cm Niveau (Abb. 4).

Im Gang der Abkühlung, nach der Inversion von 17,15 Uhr scheiden sich die Temperaturkurven der 150 cm — und 300 cm — Niveaus, und bis zur morgendlichen Inversion ist die Luft in 300 cm am wärmsten. Danach kommt die Temperatur des 150 cm Niveaus mit $0,8^\circ$ und die Temperatur des 10 cm Niveaus mit $2,5$ — $3,0^\circ$. Die bei Nacht von Zeit zu Zeit erscheinende Luftströmung lässt ihre Wirkung auch hier merken; sie stört den Gang der Abkühlung in allen Höhen. Die temperatursteigernde Wirkung der Taubildung ist auch merkbar; sie steigert die Temperatur der 10 cm — Schicht um $1,6^\circ$ am 4. Der Temperaturgang des 4. und 5. ist ähnlich dem des vorigen Tages.

Die Wirkung der Veränderungen der Einstrahlung zeigte sich sehr empfindlich, besonders in 10 cm Höhe, im Temperaturablauf der Wiese. In den Fällen wo die Sonne durch Wolken scheint, kühlt sich die 10 cm — Schicht so sehr ab, dass die Temperatur der 3 m — Schicht beinahe isothermisch wird (Abb. 5).

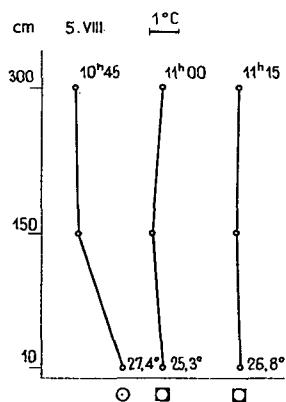


Abb. 5 Die Veränderung der Schichtung der Lufttemperatur auf der Wiese bei der Abnahme der Einstrahlung

Wenn man die Tagesgänge der beiden Stationen vergleicht, bemerkt man, dass die Temperatur der Luft auf der Hügelspitze bei Nacht, und auf der Wiese bei Tag beinahe gleich war und dass die Hügelspitze sowohl bei Tag als auch bei Nacht

wärmer ist als die Wiese. (Auf die Erklärung dieser Erscheinungen kommen wir bei der Behandlung der Extremwerte zurück).

Der Föhrenbestand ist jung und dicht; so war das in 10 cm angebrachte Thermometer noch in den Zweigen.

Aus den Angaben der im Föhrenbestand angebrachten Thermometer kann man auf den teilweisen Zusammenhang des Mikroklimas des Föhrenbestandes folgern. Am Tage ist die 300 cm — Schicht am wärmsten. Darauf folgen mit durchschnittlich um $0,8^\circ$ tieferer Temperatur die 10 — und 150 cm — Schichten, deren Temperatur nach den Messungen voneinander nur wenig abweicht (Abb. 6). Die beinahe gleiche

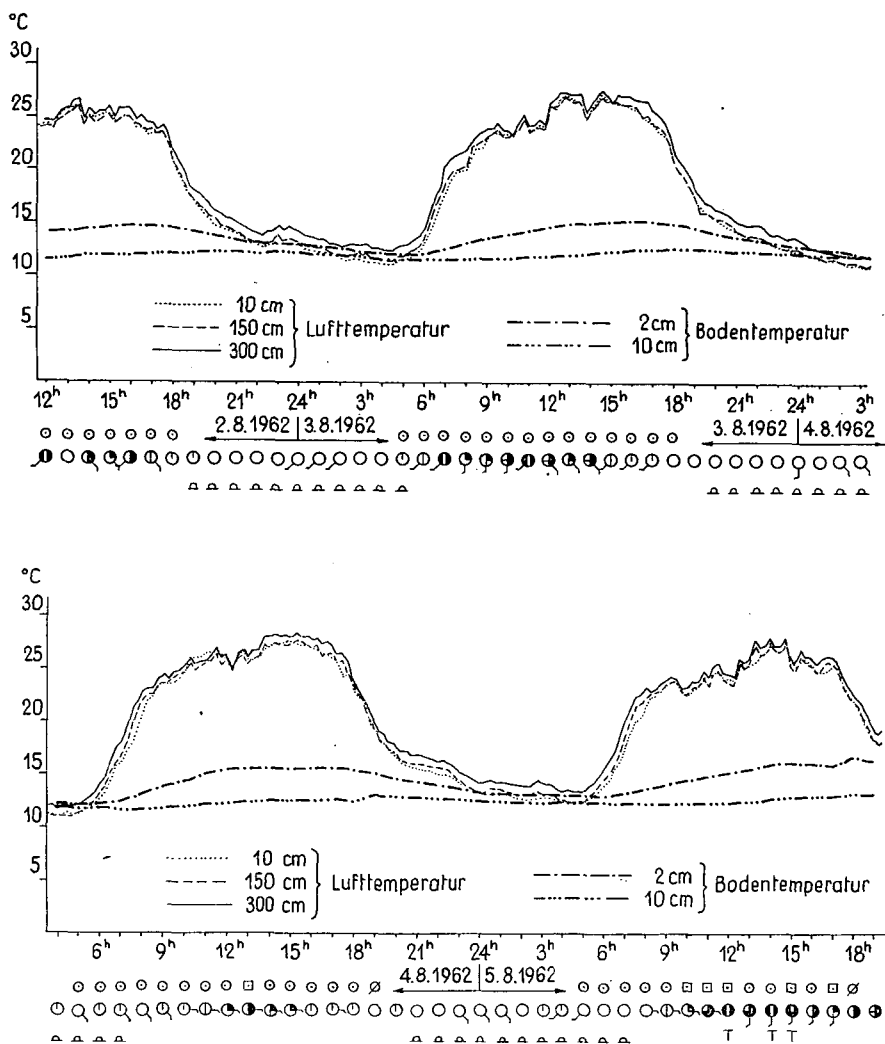


Abb. 6 Der Tagesgang der Luft- und der Bodentemperatur im Föhrenwald

Temperatur der 10 — und 150 cm — Schichten bedeutet unserer Meinung nach keine Isothermie in der ganzen Schicht, sondern nur, dass sich auch die 10 cm — Schicht in dem Masse erwärmt hat wie die 150 cm — Schicht. Es ist möglich, dass es sich im Föhrenbestand eine zweifache aktive Schicht in der Periode der Einstrahlung ausgebildet hat und die oben beschriebene Erscheinung dieser Tatsache zuzuschreiben ist. Die erste aktive Schicht ist im Laubwerk des Föhrenbestandes zu finden, und es ist diese Schicht die die Temperatur der 300 und 150 cm — Schichten kontrolliert. Das Laubwerk der jungen Föhrenwälder im Gegensatz zu dem unserer Laubwälder ist in den höheren Regionen weniger geschlossen, es beschattet den unteren Luftraum des Waldes nicht völlig, und so mehr oder minder direkte Strahlung auch in die unteren Regionen eindringt und hier eine sekundäre aktive Schicht zustande kommen kann. Dass es so ist scheint bestätigt zu sein durch die Tatsache, dass in den Vormittagsstunden bei tieferer Sonnenstand gewöhnlich zwischen 10—12 Uhr, wenn mehr direkte Strahlung in die unteren Regionen eindringen kann, die sekundäre aktive Schicht stärker, und so die Temperatur in 10 cm höher, oder mindestens der der 300 cm — Schicht gleich wird (Abb. 7).

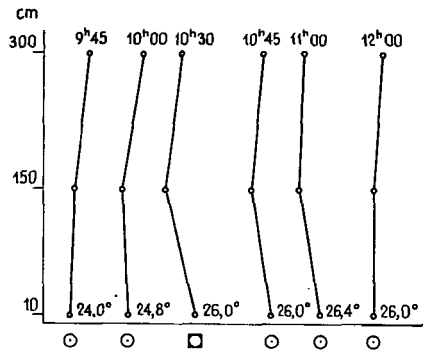


Abb. 7 Die Verstärkung der zweiten aktiven Schicht im Föhrenwald in den Vormittagsstunden

Diese zweite aktive Schicht befindet sich vermutlich in der Schicht zwischen 10 und 150 cm, aber nicht immer in derselben Stelle, sondern sie wandert mit der Veränderung des Einfallswinkels.

In den Vormittagsstunden sind die mit der Bewölkung und dem Wind zusammenhängenden Temperaturschwankungen auch hier wahrnehmbar, doch erscheint eine bedeutende Schwankung nur infolge der Veränderung der Einstrahlung. Die vom Wind verursachte Temperaturveränderung beträgt nur einige Zehntelgrade, da der dichte Waldbestand die Windstärke bedeutend ermässigt. Die durch Strahlung und Wind hervorgerufenen Temperaturschwankungen am stärksten in den höheren Niveaus auftreten. Die Tagestemperatur schwankt zwischen 26—28°; an keinem Tage und in keinem Niveau erreicht sie 29,0°.

Im Laufe der nächtlichen Abkühlung gerät die aktive Schicht in 10 cm Höhe. Diese Schicht ist am kältesten, aber ihre Temperatur sinkt auch minimal nicht unter 11,0°. In 150 und 300 cm Höhe ist die Luft um 0,5 bzw. 1,5° wärmer. Bei Nacht ermöglicht der weniger geschlossene Nadelwaldbestand das Zustandekommen des Ausstrahlungstyps dadurch, dass er der Ausstrahlung Weg gibt, obwohl es ihn mässigt.

Vermutlich behält die in der höheren Region des Laubwerks befindliche primäre aktive Schicht ihre Rolle und stellt eine sekundäre Ausstrahlungsschicht dar was der grosse, die ganze Nacht dauernde Temperaturunterschied zwischen 150 und 300 cm andeutet.

Die den Abkühlungsvorgang störende Wirkung des Nachtwindes ist in 300 cm am stärksten, da der Bestand in höheren Regionen lichter ist und die Stärke des Windes in geringerem Masse vermindert.

Das um Sonnenaufgang einsetzende intensive Temperaturanstieg ist im Vergleich zu den beiden anderen Stationen weniger rasch und dauert 1—1,5 Stunden länger.

Die Untersuchung der Extremwerte der Lufttemperatur

Zur Beschreibung und Charakterisierung der auf den Substraten entstehenden mikroklimatischen Eigentümlichkeiten können wir ausser den Tagesgängen auch die Extremwerte und die Schwankung der Temperatur gebrauchen. Diese Werte drücken die Temperaturschwankungen und ihre Amplituden aus. Man kann die Extremwerte der einzelnen Tage und Substrate miteinander vergleichen und eine Erklärung für ihre Unterschiede in der Verschiedenheit der Substrate und des Wetters finden.

Im Tagesgang der Lufttemperatur können vier Hauptperioden unterschieden (Abb. 8):

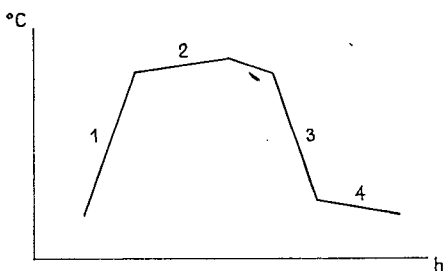


Abb. 8 Die Abschnitte des Tagesganges der Lufttemperatur

1. die Periode der intensiven Erwärmung vom Frühmorgenminimum ab
2. die Periode mit kleinen einwegigen Weränderungen
3. die Periode der intensiven Abkühlung
4. die Periode der langsamen Abkühlung.

Diese Form des Tagesgangs der Temperatur kann bei heiterem, verhältnismässig windstillem Wetter mit starker Einstrahlung zustande kommen.

Das maximum der Temperatur ist in der periode mit kleinen einwegigen Veränderungen in einer Richtung zu finden. Charakteristisch für den Gang dieser Periode ist die mehr oder weniger starke, von der Bewölkung und vom Wind abhängige Schwankung der Temperatur. Ihr Wert in 10 cm Höhe in offenem Gelände, zwischen zwei Messungszeitpunkten (15 Minuten) sogar 6,0° erreichen kann.

Neben den Extremwerten führte ÁRPÁD KISS 1959 die Begriffe der Erwärmtheit und der Abgekühltheit ein. Er gebrauchte seine Methode bei der Aufarbeitung der in ÜLLES auf Tribsand ausgeführten Untersuchungen (6).

Die *Erwärmtheit* ist der Mittelwert der gemessenen Temperaturen von der Beendigung der intensiven Erwärmung bis zum Beginn der intensiven Abkühlung, und die *Abgekühltheit* ist der Mittelwert der gemessenen Temperaturen von der Beendigung der intensiven Abkühlung bis zum Beginn der intensiven Erwärmung (Perioden 2 und 4 in Abb. 8). In diesen Perioden ist die Veränderung der Temperatur in einer Richtung verhältnismässig gering.

Der Wert der Erwärmtheit und der der Abgekühltheit sind gut anwendbar, wo das Tempo der Erwärmung und der Abkühlung gross ist. Infolge der morphologischen und Strahlungsverhältnisse gibt es eine solche Lage im BÜKK-Gebirge, wo das Tempo der Erwärmung und der Abkühlung im 10 cm Niveau 7—8°/Stunde erreicht. So können die Tagesgänge mit einem steilseitigen Trapez verglichen werden. *Der mittlere Wert des Abschnitts zwischen den steilen Seiten zeigt an in welchem Masse die Luft über dem Substrat in den einzelnen Schichten sich im Laufe des Tages erwärmt, bzw. abgekühlt hat. Dieser Wert ist charakteristisch für das Substrat.* Da der Gang der nächtlichen Abkühlung, besonders in seiner letzten Phase, in allgemeinen gleichmässig ist und das Tempo der Abkühlung meist 0,5°/Stunde nicht übertrifft, drückt das Minimum das Mass der Abgekühltheit aus, und darum scheint es unnötig, einen besonderen Abgekühltheitswert zu kalkulieren.

TABELLE II

Die Werte der Erwärmtheit in °C am 1., 3., 4., 5., 13., 14. August

Tage	Hügelrücken			Wiese			Föhrenwald		
	10 cm	150 cm	300 cm	10 cm	150 cm	300 cm	10 cm	150 cm	300 cm
1.	24,7	22,9	21,3	24,0	22,1	22,0	21,9	21,8	22,4
3.	27,8	26,6	25,0	26,9	25,5	25,6	25,3	25,2	25,9
4.	30,5	28,4	26,8	28,0	26,4	26,5	25,8	25,8	26,4
5.	28,2	26,9	25,5	26,4	25,5	25,8	25,1	25,1	25,8
13.	29,9	28,4	26,8	27,9	26,9	27,2	25,8	25,8	26,5
14.	31,2	28,7	27,0	29,1	27,5	27,7	26,6	26,4	27,1

Diese Methode kann die ausführliche Analyse der Tagesgänge nicht überflüssig machen.

Die Werte der Erwärmtheit an den ausgewählten Tagen an den einzelnen Stationen und in den einzelnen Schichten sind in Tabelle 2 und Abb. 9 dargestellt.

Der Wert der Erwärmtheit war an allen drei Tagen in 10 cm Höhe auf dem Hügelgipfel am grössten und erreichte 30,5° am 4. August. Wenn man die Windverhältnisse des 3. und des 4. August vergleicht, kommt man zu der Folgerung, dass sich das Gebiet wegen der stärkeren Bewölkung und der störenden Wirkung des stärkeren Windes am 3. in geringerem Masse erwärmen konnte. Diese Annahme wird durch den Wert der Erwärmtheit (27,8°) am 3. bestätigt. Wenn man die aus den 15 — minutenweisen Messungen erhaltenen Maximumwerte 32,0° am 3., 32,8° am 4., deren

Unterschied also $0,8^\circ$ ist, vergleicht, bekommt man kein reelles Bild von der Erwärmung, da das Maximum an beiden Tagen eben dann eintritt, als keine Wolke die Sonne verhüllte, die Luftströmung schwach war, und so die starke Einstrahlung ihre Wirkung günstig entfalten konnte. Während eine solche Lage fast den ganzen Vormittag für den 4. August charakteristisch war, kam sie am 3. nur einige Male für eine kurze Zeit vor und war für den ganzen Tag nicht charakteristisch. Dieser Unterschied zeigt sich dagegen überzeugend im Wert der Erwärmtheit.

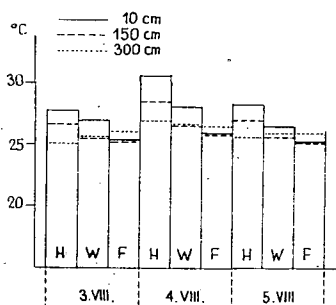


Abb. 9 Die Werte der Erwärmtheit am 3. 8., 4. 8. und 5. 8. auf dem Hügelrücken (H), auf der Wiese (W) und im Föhrenwald (F)

Auch am 5. August verhinderte die starke Bewölkung eine starke Erwärmung. Die Erwärmtheit der 150 cm — Schicht ist am grössten auf dem Hügelgipfel, am 4. $28,4^\circ$, am 5. $26,9^\circ$, um $0,5-0,6^\circ$ höher als die der 10 cm — Schicht der Wiese. Die 300 cm — Schicht erwärmt sich im allgemeinen um $1,5^\circ$ weniger als die 150 cm — Schicht.

Die tägliche, beinahe isotherme Anordnung der 150 cm — und der 300 cm — Schichten der Wiese zeigt sich auch im Wert der Erwärmtheit. Der maximale Unterschied zwischen den Werten der Erwärmtheit dieser zwei Schichten ist $0,2^\circ$.

An den drei untersuchten Tagen verändert sich die Erwärmung des Föhrenbestandes am wenigsten. Am wärmsten ist die 300 cm — Schicht; ihre Veränderung während der drei Tage ist nur $0,6^\circ$ und ist um $0,6-0,8^\circ$ wärmer als die gleich erwärmten 10 — und 150 cm — Schichten.

In Abb. 10, die die Unterschiede der Erwärmtheit der verschiedenen Schichten darstellt, sieht man, dass der Unterschied zwischen der 150 und der 300 cm — Schicht der Wiese $0,2^\circ$ beträgt, also ihre Erwärmtheit beinahe gleich ist. Dafür ist unserer Meinung nach der Wind mit vorwiegend S — Komponent verantwortlich. Der Pflanzenbestand von Sträuchern und Bäumen der die Wiese von zwei Seiten umgibt verengt den Querschnitt des Windes, die Geschwindigkeit des Windes nimmt zu, der Wind mischt die bodennahen Luftschichten und die starke Einstrahlung ist nur zur Erhaltung der höheren Temperatur der 10 cm — Schicht genügend. Wenn die Strahlung abnimmt, wird die ganze 300 cm — Schicht beinahe isothermisch. Infolge der mischenden Wirkung des Windes wird die stark erwärmte Luft von 10 cm weg befördert; dies ist die Erklärung auch ihrer im Vergleich zur Hügelspitze weniger Erwärmtheit.

Wir waren nicht in der Lage, die Windgeschwindigkeit an allen drei Stationen zu messen, aber es ist wahrscheinlich dass die Windgeschwindigkeit auf der Hügelspitze geringer war, weil das neben den Hügel laufende beinahe N—S gerichtete

Bachbett dem Wind einen guten Ableitungsweg versichert und so auf der Hügelspitze nur eine schwächere Mischungswirkung entwickeln konnte. Hier sind auch die Unterschiede der Erwärmtheit der 10—150 cm Schicht grösser als auf der Wiese. Am 4. August bekommt ausser der intensiven Einstrahlung auch die Windstärke eine Rolle darin, dass der Unterschied der Erwärmtheit zwischen 10 und 150 cm sowohl auf der Hügelspitze als auch auf der Wiese im Vergleich zu den vorangehenden lagen grösser war.

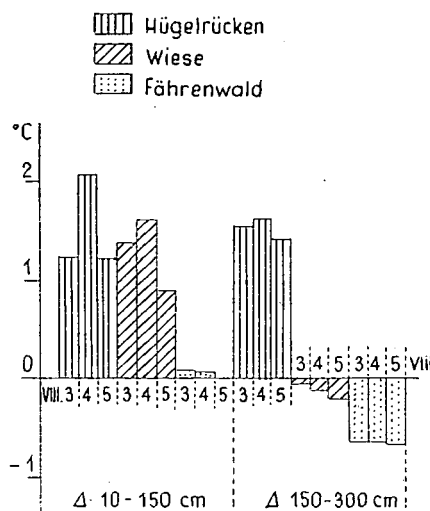


Abb. 10 Die Unterschiede der Erwärmtheit an den drei Stationen zwischen 10—150 und 150—300 cm

Im Föhrenbestand ist die Temperaturschichtung störende Wirkung des Windes wegen der Geschlossenheit des Bestandes gering, und die Unterschiede der Erwärmtheitswerte der einzelnen Tage betragen nur einige Hundertstel Grade.

Die Minima der Lufttemperatur sind in allen Niveaus und an jedem Tag auf der Wiese am tiefsten (Tabelle 3, Abb. 11).

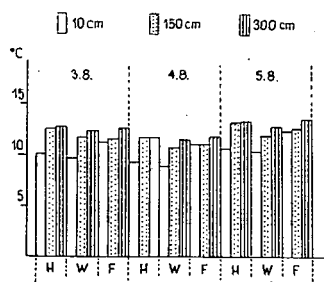


Abb. 11 Die Minima der Lufttemperatur auf dem Hügelrücken (H), auf der Wiese (W) und im Föhrenwald (F)

TABELLE III.

Die Extremwerte und die tägliche Schwankung der Lufttemperatur in °C

Tage	Hügelrücken						Wiese						Föhrenwald														
	10 cm			150 cm			300 cm			10 cm			150 cm			300 cm			10 cm			150 cm			300 cm		
	min.	max.	Δ	min.	max.	Δ	min.	max.	Δ	min.	max.	Δ	min.	max.	Δ	min.	max.	Δ	min.	max.	Δ	min.	max.	Δ	min.	max.	Δ
Aug.																											
1.	3,3	28,0	24,7	5,6	26,0	20,4	5,5	22,8	17,3	2,4	27,8	25,4	4,8	25,2	20,4	5,3	24,8	19,5	4,7	23,8	19,1	4,8	23,6	18,8	5,4	24,0	18,6
2.	10,2	32,1	21,9	12,6	29,0	16,4	12,8	26,4	13,6	9,5	29,2	19,7	11,3	26,6	15,3	11,8	27,0	15,2	11,0	21,1	10,1	11,3	21,1	9,8	12,3	21,7	9,4
3.	11,1	32,1	21,9	12,5	30,1	17,6	12,7	27,3	14,6	9,7	29,9	20,2	11,7	28,6	16,9	12,3	28,0	15,7	11,2	27,3	16,1	11,5	27,0	15,5	12,5	27,7	15,2
4.	9,2	32,8	23,6	11,6	31,7	20,1	11,6	29,8	18,2	8,8	30,8	22,0	10,6	29,4	18,8	11,4	29,1	17,7	11,0	27,6	16,6	11,0	27,6	16,6	11,7	28,4	16,7
5.	10,5	32,3	21,8	13,0	29,8	16,8	13,1	28,3	15,2	10,2	30,2	20,0	11,8	28,0	16,2	12,6	28,3	15,7	12,2	27,7	15,5	12,4	27,5	15,1	13,3	28,1	14,7
6.	10,2	32,3	22,1	13,4	28,9	15,5	13,6	27,5	13,9	9,8	29,6	19,8	12,2	26,8	14,6	13,1	27,0	13,9	11,4	25,4	14,0	12,8	25,5	12,7	13,5	26,4	12,9
7.	9,4	32,4	23,0	10,2	30,6	20,4	10,7	29,4	18,7	9,3	30,5	21,2	10,3	29,3	19,0	10,7	29,0	18,3	9,7	28,2	18,5	10,0	28,1	18,1	10,6	28,9	18,3
8.	15,3	29,4	14,1	15,6	25,9	10,3	14,8	24,4	9,6	13,0	27,0	14,0	15,0	26,0	11,0	15,0	26,0	11,0	14,8	23,4	8,6	14,7	23,2	8,5	15,3	23,9	8,6
9.	10,0	26,7	16,7	11,6	23,2	11,6	11,5	21,7	10,2	9,4	24,0	14,6	10,9	22,5	11,6	11,6	22,6	11,0	11,2	21,8	10,6	11,4	21,2	9,8	12,1	21,9	9,8
10.	5,8	28,9	23,1	8,2	27,0	18,8	8,4	25,1	16,7	5,3	26,8	21,5	7,1	25,2	18,1	8,0	25,2	17,2	8,0	23,8	15,8	8,2	23,4	15,2	9,0	24,0	15,0
11.	8,0	32,2	24,2	10,9	29,2	18,3	11,0	26,9	15,9	7,9	29,5	21,6	10,0	27,2	17,2	11,0	27,5	16,5	10,0	26,4	16,4	10,3	26,2	15,9	11,0	27,0	16,0
12.	6,1	33,0	26,9	8,8	30,2	21,4	8,7	28,6	19,9	5,6	29,5	23,9	7,6	24,5	16,9	8,2	24,4	16,2	8,0	26,6	18,6	7,9	26,6	18,7	8,6	27,5	18,9
13.	8,8	34,0	25,2	11,6	30,7	19,1	11,8	28,5	16,7	8,5	31,1	22,6	10,4	29,0	18,6	11,3	29,2	17,9	10,4	27,8	17,4	10,6	27,0	16,4	11,4	27,8	16,4
14.	9,6	34,9	25,3	11,6	30,4	18,8	11,5	29,0	17,5	8,5	31,4	22,9	10,5	29,4	18,9	10,7	29,9	19,2	10,7	28,0	17,3	10,9	28,0	17,1	11,7	28,6	16,9
15.	9,4	35,4	26,0	11,3	30,9	19,6	11,1	29,5	18,4	8,2	32,0	23,8	9,7	30,1	20,4	9,9	30,2	20,3	10,1	28,5	18,4	10,4	28,1	17,7	11,5	29,1	17,6
16.	10,0	27,8	17,8	12,0	23,8	11,8	12,2	25,0	12,8	9,2	26,1	16,9	10,9	24,5	13,6	11,9	24,1	12,2	11,5	22,0	10,5	11,5	22,8	11,3	12,2	23,4	11,2
17.	8,0	27,0	19,0	9,9	25,0	15,1	9,8	23,6	13,8	7,2	25,5	18,3	8,6	23,6	15,0	9,4	24,1	14,7	8,8	22,8	14,0	8,6	22,5	13,9	9,6	23,0	13,4
18.	10,4	27,5	17,1	12,1	25,8	13,7	12,2	24,0	11,8	10,0	28,4	18,4	11,8	25,8	14,0	12,7	25,7	13,0	10,0	24,0	14,0	10,4	22,3	11,9	11,0	24,0	13,0
19.	7,7	20,4	12,7	9,6	24,4	14,8	9,6	23,6	14,0	6,7	20,6	13,9	8,7	18,4	9,7	9,1	18,0	8,9	8,0	16,6	8,6	8,7	17,0	8,3	9,5	17,6	8,1
20.	7,0	22,1	15,1	8,8	20,0	11,2	8,6	19,0	10,4	5,2	23,6	18,4	7,8	19,8	12,0	8,3	19,1	10,8	7,6	18,0	10,4	8,0	17,4	9,4	8,8	18,2	9,4

Das minimum des 10 cm Niveaus der Wiese ist um $0,4^{\circ}$, das des 150 cm — Niveaus um $0,8—1,2^{\circ}$ tiefer als die Werte die in entsprechender Höhe über der Hügelspitze gemessen wurden. Also ist die Hügelspitze in allen ihren Niveaus wärmer als die Wiese. Vermutlich ist das Bachbett zwischen der Wiese und der Hügelspitze der kälteste Punkt des Geländes. Hierher sickert die abgekühlte Luft vom Hügelabhang herab. Auch von der Seite der Wiese fällt das Gelände hierher ganz leicht, und auch ein geringes Sickern nach dem Bachbett ist auch von dort möglich und es entsteht hier ein Kaltluftteich in der Nacht. An keiner der Stationen finden wir einen ausstrahlungshemmenden Faktor, also ist für die geringere Abkühlung der Hügelspitze die herabsickernde kalte Luft verantwortlich.

Die leichte nächtliche Luftströmung verursacht eine stärkere Temperaturschwankung auf der Wiese, aber sie kann die nächtliche Temperaturschichtung vom Ausstrahlungstyp nicht verhindern.

In Nächten vom Ausstrahlungstyp kommt die Temperatur der 150—300 cm — Luftschicht auf der Hügelspitze der Isothermie nahe. Zum Ersatz der hinuntersickernden kalten Luft strömt wärmere Luft aus den höheren Schichten nach der Bodenoberfläche. Die fast isothermische Schichtung bedeutet, dass die vertikale Grenze des Mikroklimaraumes in der oberen Schicht der angehäuften kalten Luft ist. In einer bewölkten Nacht, wie es unsere Messungen am 8. August bestätigen als es stark bewölkt und die Ausstrahlung wesentlich geringer und die Zurückstrahlung wesentlich grösser war, steigt die Temperatur der 10 und der 150 cm Schicht so sehr, dass die Luft in 150 cm am wärmsten wird. Zwischen 10 und 300 cm wird der Temperaturunterschied zum Vorteil der 300 cm — Schicht nur $0,8—1,0^{\circ}$ (Abb. 12). Diese Eigentümlichkeit hat auch ÁRPÁD KISS in viel stärkerer Form bei seinen Messungen auf Sanddünen in ÜLLÉS beobachtet (6).

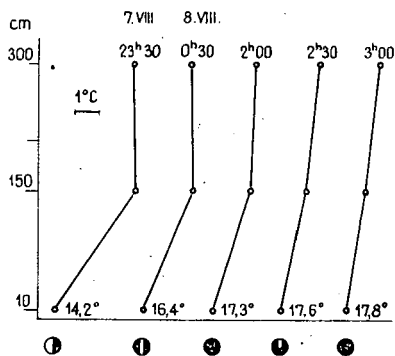


Abb. 12 Die vertikale Profil der Lufttemperatur auf dem Hügels Rücken bei starker Bewölkung

Der Unterschied der Temperaturminima zwischen 10 und 150 cm in heiteren Nächten auf der Hügelspitze ist um $0,4—0,9^{\circ}$ grösser, da die Temperatur der 150 cm — Schicht von der von oben her kommenden wärmeren Luft kontrolliert wird.

Im Föhrenbestand finden wir in der Nacht einen regelmässigen Ausstrahlungstyp: die 10 cm — Schicht ist am kältesten. Diese Schichtung trifft schon um 16 Uhr ein, wenn die tieferen Niveaus des Föhrenbestandes in den Selbstschatten geraten und keine direkte Strahlung bekommen. Das Laubwerk des Föhrenbestandes gibt Weg

der Ausstrahlung obwohl es ihn mässigt; es ist in 10 cm um 1,6—2,2° wärmer als die Wiese, und auch die Temperatur der höheren Schichten sinkt trotz der geringeren täglichen Erwärmung nicht unter die Temperatur der entsprechenden Höhen der Wiese.

Unsere Meinung nach drücken die Minimumtemperaturen den Wert der Abgekühltheit einer Schicht aus; darum versuchen wir den Unterschied der Erwärmtheit und des Minimums zur Darstellung der Schwankung der Erwärmtheit der einzelnen Schichten zu gebrauchen (Abb. 13). (Zugleich geben wir in Tabelle 3 die auf Grund der 15 — minütlich gemessenen Extremwerte der Lufttemperatur und die daraus ausgerechnete Schwankung an).

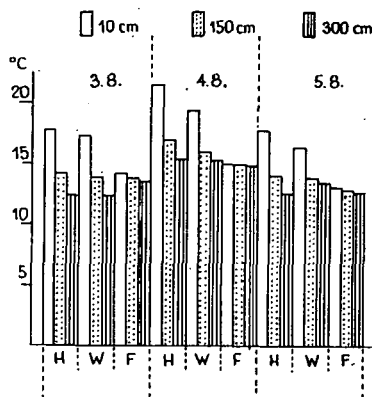


Abb. 13 Die Unterschiede der Erwärmtheit und der Minima auf dem Hügelspitze (H), auf der Wiese (W) und im Föhrenwald (F)

Auf der Hügelspitze ist die Schwankung in 10 cm am grössten, um 0,5—1,9° grösser als in der Vertiefung. Die Ursache davon ist die intensive und ungestörte Erwärmung. Ihr Wert am 4. August beträgt 21,3°.

Am gleichmässigsten ist die Schwankung im Föhrenbestand; an den untersuchten Tagen erreicht sie 15,0° in keinem Niveau und die Schwankung der einzelnen Schichten weicht nur um einige Zehntelgrad voneinander ab.

Die Temperatur des Bodens

Die Minima der Bodentemperatur auf der Hügelspitze und auf der Wiese treten an allen drei Tagen in 2 cm zwischen 5—6 Uhr, in 10 cm zwischen 6—7 Uhr auf. Die Phasenverschiebung zwischen dem Eintritt der Minimumwerte der 2 und der 10 cm Schicht beträgt auf der Hügelspitze 1, auf der Wiese 2 Stunden.

Am stärksten kühlt sich der Boden auf der Hügelspitze ab: das Minimum ist am 4. August in 2 cm 14,1°, also um 1,3° wärmer als die 10 cm — Schicht (Abb. 14). Auf der Wiese erreichte die Temperatur der 2 cm — Schicht 16,0° nur am 4.; an den anderen Tagen blieb sie um 1,0° unter diesem Wert (Tabelle 4). Auch sie 10 cm — Schicht zwischen 2 und 10 cm beträgt 3,0—3,4°.

Die Maxima sind auf der Wiese am grössten. Am 4. August folgt die 2 cm — Schicht mit 26,4°, die 10 cm — Schicht mit Werten zwischen 23—24°. Auf der Hügelspitze ist die Temperatur in 2 cm um 3,5° tiefer als auf der Wiese, in 10 cm erreicht sie nur 18—19°. Der Unterschied ist zwischen den Maxima der 2 cm — und der 10 cm — Schicht auf der Hügelspitze am grössten, durchschnittlich über 3,0°, während auf der Wiese ist er um 1,0—1,5° geringer (Abb. 15). Die Maxima in 2 cm treten

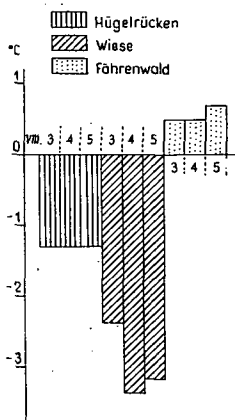


Abb. 14 Die Unterschiede der Bodentemperaturminima zwischen 2 und 10 cm

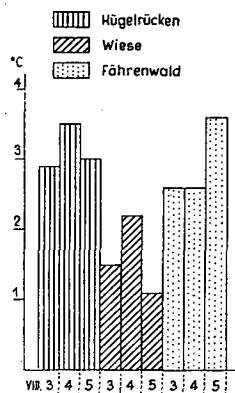


Abb. 15 Die Unterschiede der Bodentemperaturmaxima zwischen 2 und 10 cm

an beiden Stationen um 15—16 Uhr ein. Die Phasenverspätung ist 1—2 Uhr in 10 cm auf der Hügelspitze, 2—3 Uhr in der Vertiefung.

Die tägliche Schwankung ist auf der Wiese am grössten; in 2 cm erreicht sie 10,4° (am 4. August). Auf der Hügelspitze beträgt sie zur gleichen Zeit nur 8,7°. Auch in 10 cm ist die Schwankung durchschnittlich um 1,0° grösser auf der Wiese (Abb. 16).

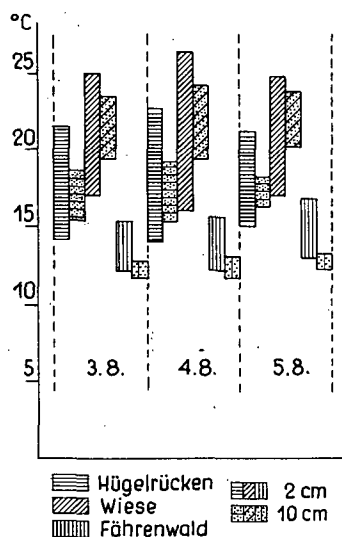


Abb. 16 Die tägliche Schwankung der Bodentemperatur

Wenn man die Temperatur der Wiese und der Hügelspitze mit den sich über den Substraten ausbildenden Lufttemperaturverhältnissen vergleicht, findet man einen Gegensatz: auf der Hügelspitze ist die Bodentemperatur bei den vormittäglichen hohen Lufttemperaturwerten tiefer.

In beiden Schichten der Wiese ist die tägliche Schwankung der Bodentemperatur grösser. Diese Erscheinung lässt auf die bessere Wärmeleitungsfähigkeit des Wiesenbodens folgern. In diesem Fall — weil sich die schlechteren Wärmeleiter in den der Oberfläche näher liegenden Schichten stärker erwärmen — sollte der Wert des Maximums in 2 cm auf der Hügelspitze höher sein. In der Tat ist er um $3,5^{\circ}$ niedriger als an der anderen Station.

Für diesen Unterschied ist die Vegetation verantwortlich. Auf der Hügelspitze und am S — exponierten Hang des Hügels ist die Vegetation infolge der günstigen Strahlungsverhältnisse üppig. Die vorwiegend aus schmalblättrigen Graspflanzen bestehende Vegetation bildet eine sehr dichte, verflochtene Schicht über der Bodenoberfläche, und so wird die auf der Bodenoberfläche ankommende Strahlungsmenge stark verringert. Damit kann die mit der anderen Station verglichene geringere Erwärmung der der Oberfläche nahen Bodenschichten erklärt werden. Auch das Wurzelsystem der üppigen Vegetation beeinflusst die Wärmeleitungsfähigkeit des Bodens. Der von Wurzeln aufgelockerte und durchwehte Boden der Hügelspitze ist ein schlechterer Wärmeleiter; darum erwärmt sich die Schicht zwischen 2 cm und 10 cm weniger und ihre Schwankung ist geringer als die der Wiese. Zwar kühlt sich die 10 cm Schicht auf der Hügelspitze stärker ab als die gleiche Schicht über die Wiese, aber das ist die Folge der geringeren Erwärmung.

Ein eigenartiges, von den anderen Stationen verschiedenes Bild zeigt die Bodentemperatur des Föhrenbestandes. Tag und Nacht ist diese am wärmsten. In 2 cm erreichte die Temperatur in der ganzen Beobachtungsperiode $17,0^{\circ}$ nicht. Wegen der Geschlossenheit des Laubwerkes des Föhrenwaldes erreicht wenige direkte Strahlung die Bodenoberfläche. Dagegen schützt das Laubwerk den Boden auch gegen starke Abkühlung. Die 2 cm — Schicht kühlt sich nie tiefer ab als die Temperatur der 10 cm — Schicht; sie ist durchschnittlich um $0,5^{\circ}$ wärmer als dieses letztere. Ihre tägliche Schwankung ist durchschnittlich $3,5^{\circ}$. In 10 cm spielen sich die täglichen Temperaturveränderungen zwischen $12-13^{\circ}$ ab. Die tägliche Schwankung ist hier $1,0-1,4^{\circ}$. Die Unterschiede zwischen den Maxima des 2 cm — und des 10 cm — Niveaus sind verhältnismässig gross, $2,6-3,6^{\circ}$, da das angehäuften durre Laub ein sehr schlechter Wärmeleiter ist.

Die Extremwerte und Schwankungen der Bodentemperatur sind in Tabelle 4 angegeben.

Zusammenfassung

Auf Grund der Mikroklimauntersuchungen, die wir zwischen dem 31. Juli und dem 22. August 1962 in JÁVORKÚT im BÜKK-GEIRGE ausgeführt haben, können die charakteristischen Eigenschaften der Luft- und Bodentemperatur der gemessenen Substrate festgestellt werden.

Auf der Wiese wird die Temperatur von der mischenden Wirkung der vorwiegend SW Advektion so stark herabgesetzt, dass die Temperatur der gemessenen 300 cm-Luftschicht in einigen Fällen beinahe isothermisch wird. Darum *findet man die höchsten Temperaturen auf dem Hügelspitzen*. Nachts ist es umgekehrt; die Wiese ist kälter, weil die abgekühlte Luft von dem Hügelspitzen gegen die Wiese hinabsickert und aus den höheren Schichten Nachschub bekommt. Infolge dessen nähert sich die vertikale Grenze des Mikroklimaraumes der Oberfläche, was vom beinahe isothermischen Charakter der 150—300 cm Luftschicht bestätigt wird. Vermutlich ist der kälteste Punkt des Geländes im Bachbett zwischen den beiden Stationen zu finden. Die hinabsickernde kalte Luft sammelt sich hier.

TABELLE IV.

Die Extremwerte und die tägliche Schwankung der Bodentemperatur in °C

Tage	Hügelrücken						Wiese						Föhrenwald					
	2 cm			10 cm			2 cm			10 cm			2 cm			10 cm		
	min.	max.	Δ	min.	max.	Δ	min.	max.	Δ	min.	max.	Δ	min.	max.	Δ	min.	max.	Δ
Aug.																		
1.	12,2	20,6	8,4	14,1	17,9	3,8	15,1	24,1	9,0	18,2	22,2	4,0	10,1	13,8	3,7	10,5	11,9	1,4
2.	14,0	21,6	7,6	15,0	18,3	3,3	16,2	25,4	9,2	19,0	22,2	3,2	12,9	14,7	1,8	11,3	12,3	1,0
3.	14,1	21,5	7,4	15,4	18,6	3,2	17,0	25,0	8,0	19,4	23,5	4,1	12,1	15,3	3,2	11,6	12,7	1,1
4.	14,0	22,7	8,7	15,3	19,2	3,9	16,0	26,4	10,4	19,4	24,2	4,8	12,1	15,6	3,5	11,6	13,0	1,4
5.	15,0	21,2	6,2	16,3	18,2	1,9	17,0	24,8	7,8	20,2	23,7	3,5	12,9	16,8	3,9	12,2	13,2	1,0
6.	15,3	23,7	8,4	16,4	19,8	3,4	17,4	26,6	9,2	20,4	24,8	4,4	12,5	16,2	3,7	12,0	13,3	1,3
7.	13,9	24,0	10,1	15,2	19,8	4,6	15,7	27,2	11,5	19,6	24,7	5,1	12,0	16,8	4,8	11,6	13,6	2,0
8.	15,6	22,8	7,2	16,5	20,1	3,6	17,7	25,6	7,9	20,8	24,2	3,4	13,3	15,7	2,4	12,3	13,6	1,3
9.	15,0	20,4	5,4	16,1	18,6	2,5	16,8	23,4	6,8	20,0	22,0	2,0	13,0	14,8	1,8	12,3	12,9	0,6
10.	13,5	22,0	8,5	15,2	18,9	3,7	14,8	24,8	10,0	18,8	23,0	4,2	11,9	14,8	2,9	12,0	12,7	0,7
11.	14,5	23,3	8,8	16,0	19,3	3,3	16,2	26,1	9,9	19,4	24,9	5,5	12,7	15,3	2,6	12,3	13,1	0,8
12.	13,6	22,5	8,9	15,5	19,5	4,0	15,0	25,9	10,9	19,1	23,8	4,7	11,9	15,6	3,7	11,8	13,2	1,4
13.	14,3	21,0	6,7	16,8	19,0	2,2	15,5	24,7	9,2	19,3	23,8	4,5	12,4	16,0	3,6	12,0	13,4	1,4
14.	14,3	23,9	9,6	16,0	20,8	4,8	15,8	26,6	10,8	19,0	24,4	5,4	12,7	16,0	3,3	12,4	13,6	1,2
15.	14,7	23,5	8,8	15,8	20,5	4,7	15,5	25,7	10,2	18,9	24,2	5,3	12,6	15,5	2,9	12,2	13,4	1,2
16.	15,8	21,4	5,6	17,1	19,0	1,9	17,9	24,8	7,0	19,8	23,7	3,9	14,0	16,2	2,2	13,3	13,8	0,5
17.	13,7	20,2	6,5	16,0	18,7	2,7	15,1	23,5	8,4	19,3	21,9	2,6	12,8	15,8	3,0	12,8	13,8	1,0
18.	14,7	22,6	7,9	16,0	18,4	2,4	16,1	24,0	7,9	19,2	21,5	2,3	13,4	15,5	2,1	12,7	13,1	0,4
19.	12,8	19,0	6,2	15,2	17,4	2,2	14,0	21,1	7,1	17,8	20,6	2,8	12,0	13,2	1,2	12,0	12,3	0,3
20.	10,8	20,2	9,4	14,4	17,8	3,4	11,8	23,2	11,4	16,6	20,7	4,1	11,2	13,0	1,8	11,3	12,0	0,7

*Die Bodentemperatur ist höher auf der Wiese, da die dichte grasige Vegetation auf der Hügel-
spitze eine grössere Menge direkte Strahlung auf die Bodenoberfläche nicht erlaubt. Der Boden ist
hier ein schlechterer Wärmeleiter. Infolge dessen ist die tägliche Schwankung in der 10 cm — Boden-
schicht geringer.*

*Die von dem Sonnenstand abhängige Verschiebung der aktiven Schicht innerhalb des bis zum
Boden hinabreichenden Laubwerkes und die geringere tägliche Schwankung sind charakteristisch für
den Föhrenwald. Die Bodenoberfläche ist vor der direkten Strahlung verschlossen. So ist die Boden-
temperatur niedrig; wegen des angehäuften dünnen Laubes ist die Wärmeleitungsfähigkeit des Bodens
schlecht, darum ist die 10 cm — Schicht Tag und Nacht kühler.*

*Auf Grund der Untersuchungen ist die Wiese, die sich auch hinter dem Hügel fortsetzt, ein Mikro-
klimaraum erster Ordnung, und der Hügel ein Mikroklimaraum dritter Ordnung, das nach der Exposition
in weitere Mikroklimaräume niedriger Ordnung aufgeteilt werden kann.*

*Das Mikroklima des jungen Föhrenwaldes kann nicht als völlig abhängiges Mikroklima angesehen
werden. Auf Grund seiner Strahlungs — und Temperaturverhältnisse kann der Föhrenwald als ein
Mikroklimaraum erster Ordnung angesehen werden.*

Summary

On the basis of the microclimatological investigations carried out in JÁVORKÚT in the BÜKK-
mountains between July 31 and August 22, 1962, the characteristics of the air and soil temperatures
of the substrates can be determined.

On the meadow the mixing effect of the prevailing SW advection reduces the temperature so
much, that in some cases the temperature of the 300 cm air layer becomes nearly isothermal.

In consequence of this the highest temperatures are found on the hilltop. At night the situation
is reversed, the meadow being colder because the cooled air glides slowly down from the hilltop
towards the meadow and receives reinforcement from the higher air layers. Owing to this the vertical
border of the microclimatic space approaches the surface, which, is proved by the nearly isothermal
nature of the 150—300 cm air layer. Probably the coldest point of the area can be found in the bed
of the brook between the two stations; the downgliding cold air gathers here.

The soil temperature is higher on the meadow because the dense grassy vegetation on the hilltop
does not let through a greater quantity of direct radiation to the surface. The soil here is a worse heat
conductor, therefore the daily variation in the 10 cm soil layer is smaller.

The shifting of the active layer within the foliage which reaches down to the ground as well as the
smaller daily variation are characteristic of the pine-wood. The shifting, of course, depends on the
altitude of the sun. The soil surface is sealed off from direct radiation, so the temperature of the soil
low; its heat conductivity is poor because of the accumulated forest litter, so the 10 cm layer is cooler
day and night.

On the basis of our observations the meadow in the investigated area which continues behind the
hill is a microclimatic space of the first, order, the hill rising out of it a microclimatic space of the third
order which can be divided according to exposure into further microclimatic spaces of lower orders.

The microclimate of the young pine-wood cannot be considered an entirely dependent micro-
climate. On the basis of its radiation and temperature conditions it can be considered a microclimatic
space of the first order.

LITERATUR

1. BACSÓ, N., J. KAKAS und L. TAKÁCS: Magyarország éghajlata. — Az Országos Meteorológiai
Intézet hivatalos kiadványa XVII. kötet. Budapest 1953.
2. BACSÓ, N. und B. ZÓLYOMI: Mikroklima és növényzet a Bükk-fennsíkron. — Időjárás 38, Nr 9—10,
1934.
3. GEIGER, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. — Braunschweig 1961.
4. Időjárás napijelentés, Juli, August, 1962. — Országos Meteorológiai Intézet.
5. KAKAS, J.: Természetes kritériumok alapján kijelölhető éghajlati körzetek Magyarországon.
— Időjárás, 64, Nr 6, 1960.
6. KISS, Á.: Angaben zur Erwärmtheit einer Sanddüne. — Acta Climatologica. Szeged 1959.
7. WAGNER, R.: Mikroklimatérsegek és térképezésük. — Földrajzi Közlemények, 80, Nr 2, 1956.